

# IDENTIFIKASI KERUSAKAN TULANG DENGAN ANALISIS CITRA FOTO SINAR-X

## *Identification on Damage of Bones using Image Analysis of X-ray Photos*

R. Rizal Isnanto<sup>1</sup>, Adhi Susanto<sup>2</sup>, Th. Sri Widodo<sup>2</sup>, Gogot Suyitno<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro  
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

### ABSTRACT

The objective of this research was to prove that digital image analysis can assist practitioners to identify the damaged bones. The samples used were normal and damaged long bones, with kinds of bones were humerus, legs, and knees.

Some image analysis techniques performed were image preprocessing until an image was prepared to be further processed, feature extraction, and image segmentation. Image preprocessing may be noise removal, intensity adjustment, or histogram equalization. In part of feature extraction, spatial feature extraction, and boundary extraction were used, whereas in part of segmentation, edge detection and its dilation were used.

The result were the followings : (a) the subjectivity level of identification on bones could be degraded using software developed; (b) the conventional edge detection had a lack in identifying the interested bone image boundaries; (c) the combination of histogram equalization and dilation of edges gives adequate information on identification; and (d) the software developed has an ability to assist practitioners to explore the informations of swelling of soft tissues, to identify the damaged bones or bone tumors, and for the purposes of enhancement or restoration on bone images

**Key words :** *edge detection, dilation, intensity adjusment, histogram equalization*

<sup>1</sup> Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2</sup> Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>3</sup> Instalasi Radiologi, RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta

## PENGANTAR

Tulisan ini bertujuan memperkenalkan metode identifikasi kerusakan tulang secara terkomputerisasi. Permasalahannya adalah bagaimana mengkombinasikan metode-metode pengolahan citra agar secara terintegrasi mampu memecahkan permasalahan analisis citra tulang (khususnya tulang panjang).

Dalam bidang diagnostik, cara-cara pemeriksaan radiologi merupakan cara yang ampuh untuk menegakkan diagnosis (Hilman, 1982). Pemeriksaan radiologi hanyalah merupakan satu bagian bidang diagnostik sebagai satu integritas, dan dalam banyak hal hasilnya dapat dianggap sebagai penunjang saja, tidak dapat berdiri sendiri sebelum digabung dengan hasil-hasil pemeriksaan lainnya.

Benda-benda yang menyerap sinar lebih banyak akan ditampilkan dalam film negatif dengan warna yang lebih terang daripada benda-benda yang menyerap sinar lebih sedikit (Santoso, 1990). Jenis-jenis pemeriksaan radiologi dengan sinar-X atas tulang yang biasa dijumpai dalam praktik adalah patah, retak, infeksi tulang, dan sendi.

Analisis citra mencakup ekstraksi ciri, segmentasi, dan klasifikasi (Jain, 1995). Klasifikasi citra bertujuan untuk mendapatkan gambar atau peta tematik. Sebagai contoh, citra hasil suatu foto instrumen biomedis bisa diklasifikasi menjadi bagian tulang, jaringan sehat, dan jaringan sakit. Segmentasi citra berarti pembagian atas citra menjadi wilayah-wilayah homogen berdasarkan kriteria keserupaan. Citra yang diperoleh terdiri atas bagian objek dan latar belakang.

Tipe proses klasifikasi piksel paling sederhana adalah pengambangan, yaitu piksel-pikseldiklasifikasi sebagai 'terang' dan 'gelap'. Terdapat dua cara pengambangan, yaitu : pengambangan global dan pengambangan latar belakang.

Deteksi tepi sangat berperan dalam menentukan algoritma untuk deteksi ciri, segmentasi, dan analisis gerak. Suatu peta tepi memiliki kompleksitas tereduksi dengan tetap mempertahankan struktur penting citra aslinya (Hardie dan Boncelet, 1995).

### a. Deteksi tepi melalui gradien pertama

Beberapa operator gradien spasial citra adlah operator Prewitt, operator sobel (Awcock dan Thomas, 1996), dan operator Roberts (Pratt, 1978).

**b. Deteksi tepi dengan gradien kedua**

Detektor tepi ini dikenal juga sebagai detektor Laplacian (Pratt, 1978).

**c. Operator Canny**

J. Canny mengembangkan suatu operator tepi yang mengekstraksi tidak hanya tepi-tepi undak namun juga tepi-tepi berbentuk atap rumah dan pematang (Hussain, 1991). Suatu pematang merupakan tepi dua tepi undak yang berjarak dekat. Tepi berbentuk atap rumah merupakan sambungan cekung pada dua permukaan planar objek polihedral.

Operator Canny mirip dengan operator Marr-Hildreth yang tidak memerlukan pengambangan. Teknik pengambangan adaptif dapat berguna pada operator ini. Operator mendeteksi tepi yang salah pada permukaan berbayangan lembut.

**d. Dilasi dan Erosi**

Dilasi dan erosi merupakan operasi yang saling berkaitan, meskipun memberikan hasil yang sangat berbeda. Dilasi menambahkan piksel-piksel ke batas-batas objek (mengubah dari *off* ke *on*), sementara erosi menghilangkan piksel-piksel pada batas-batas objek (mengubah dari *on* ke *off*) (The Math Works, 2000).

**Reduksi Derau****a. Tapis pelewat rendah**

Proses penapisan dilakukan terhadap citra dengan mereduksi komponen frekuensi tinggi dan mempertahankan komponen frekuensi rendah. Tapis mampu mereduksi sejumlah besar derau tetapi mereduksi isyarat citranya (Czerwinski dkk., 1998).

**b. Tapis Median**

Penapisan median merupakan pengolahan taklinear yang berguna untuk mengurangi derau impulsif atau derau *salt-and-pepper*. Tapis berguna untuk mempertahankan tepi citra sekaligus mengurangi derau acak (Lim, 1990).

### Ekualisasi Histogram

Fungsi rapat peluang (pdf) citra  $pf(f)$  (Lim, 1990) membawa informasi kandungan citra global. Secara umum pdf sulit ditentukan dan harus diestimasi dari citra itu sendiri menggunakan pdf empiris yang biasanya disebut histogram (Pitas, 1993). Dengan menganggap bahwa citra digital memiliki  $L$  aras keabuan diskret (biasanya 0.....255) dan bahwa  $n_k$ ,  $k = 0, \dots, L-1$ , merupakan jumlah piksel yang memiliki intensitas  $k$ . Histogram  $\hat{p}_f(f)$  diberikan oleh hubungan :

$$\hat{p}_f(f_k) = \frac{n_k}{n}, k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (1)$$

dengan  $n$  merupakan jumlah total piksel citra.

Mutu citra dapat ditingkatkan dengan memodifikasi histogramnya dengan teknik **ekualisasi histogram** yang dalam pemrograman komputer, dinyatakan dengan persamaan (Basuki, 2000).

$$y = 255 \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

dengan  $y$  piksel hasil ekualisasi,  $x$  piksel masukannya,  $x_{max}$  nilai piksel maksimum, dan  $x_{min}$  nilai piksel minimum.

## CARA PENELITIAN

### 1. Bahan Penelitian

Jenis tulang dibatasi pada tulang panjang, khususnya tulang kaki, sendi lutut, dan lengan. Citra disimpan dalam berkas komputer dengan format bebas.

### 2. Alat

a. Perangkat komputer dengan spesifikasi : prosesor Intel 233MMX, RAM 32 MB, Hard-disk 3.01 GB, layar SVGA, pemayar HP3200C, dan pencetak Canon BJC-265SP.

b. Perangkat lunak Matlab 5.3, dengan sistem operasi Windows 98.

### 3. Jalan Penelitian

Tahapan penelitian adalah : (a) pengumpulan data citra tulang panjang, (b) konversi foto sinar-X tulang menjadi citra digital, (c) proses penghapusan derau, dan (d) proses identifikasi kerusakan tulang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengolahan citra yang dikembangkan dapat dijalankan dengan Matlab 5.3 atau yang lebih tinggi, dan terdapat empat perangkat sebagai modifikasi atas fasilitas **demo** yang ada pada Matlab, yaitu : (a) perangkat pengujian histogram dan pengaturan intensitas, (b) perangkat reduksi derau dan penapisan, (c) perangkat deteksi tepi, dan (d) perangkat pengolahan wilayah perhatian.

Beberapa kelebihan program yang dikembangkan adalah (a) penggunaan secara interaktif dapat mengeksplorasi citra-citra masukan dengan fasilitas-fasilitas yang disediakan, (b) spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang tidak terlalu tinggi untuk dapat menjalankan program, (c) program aplikasi dapat membantu mengurangi subjektivitas pemakai dalam menggali informasi yang terdapat pada citra medis, dan (d) program mudah dikembangkan pada penelitian lanjutan karena Matlab merupakan bahasa aplikasi yang ringkas dan mudah dipahami.

### 1. Penggalan Informasi Pembengkakan Jaringan Lunak (Soft Tissue)

Beberapa karakteristik tulang atau gangguan-gangguan pada tulang yang menyebabkan kerusakan atau dislokasi tidak memiliki pola-pola spesifik. Sering dijumpai adanya citra sinar-X yang kabur, kurang kontras, dan sebagainya, sehingga satu citra yang diamati oleh lebih dari satu pengamat, boleh jadi memunculkan hasil pengamatan yang lebih dari satu. Contohnya adalah citra sendi lutu, seperti tampak pada Gambar 1(a).



Gambar 1.(a) Citra sendi lutut asli; (b) ekualisasi histogram dan dilasi atas citra tepi

Gambar 1 (a) merupakan citra lutut yang menderita kelainan karena pembengkakan jaringan lunak di sekitar lutu bagian atas. Batas-batas jaringan lunak yang menyebabkan pembengkakan perlu dikuantisasi untuk menentukan volume pembengkakan itu. Penggunaan deteksi tepi kurang mampu membuat segmentasi batas yang lebih dari satu dengan variasi gradasi keabuan (terdapat tepi yang dibedakan atas perbedaan aras keabuan yang kecil, sedang, atau yang cukup besar), sehingga penerapan detektor tepi konvensional kurang memadai karena nilai ambang yang ditetapkan hanya satu, kecuali untuk detektor Canny yang mampu mendeteksi dua nilai ambang : tinggi dan rendah.

Untuk mengatasi masalah di atas, pengolahan untuk menguatkan gradasi lemah pada citra berkontras rendah digunakan ekualisasi histogram, sedangkan untuk mempertahankan tepi dominan atas objek digunakan deteksi tepi yang dilanjutkan dengan dilasi. Gabungan ekualisasi histogram dan dilasi citra tepi pada citra itu ditunjukkan pada Gambar 1.b.

Citra pada Gambar 1.b. cenderung berada pada daerah kontras terang, sehingga tepi-tepi dominan pada tulang justru terlihat melemah. Pengaturan intensitas menghasilkan citra yang lebih jelas, seperti ditunjukkan pada Gambar 2, yang memberikan informasi yang cukup tentang batas-batas tulang dan batas-batas antara jaringan lunaknya.



Gambar 2. Hasil pengaturan intensitas atas citra pada Gambar 1.b.

Seringkali dijumpai dalam citra tulang, terdapat bagian yang jelas dan yang kurang jelas. Oleh sebab itu, pengolahan citra berdasar wilayah perhatian lebih diminati dibandingkan dengan pengolahan atas seluruh wilayah citra.

## 2. Pengambilan Sudut Proyeksi untuk Deteksi

Untuk mendeteksi adanya fraktur atau dislokasi, tidak cukup hanya dengan satu foto (Palmer dkk., 1995). Gambar 3 menunjukkan hasil proyeksi dua arah yang berlainan pada citra cedera pada humerus. Suatu fraktur atau dislokasi boleh jadi tidak terdeteksi jika diambil dari satu proyeksi, sehingga harus diambil proyeksi lain yang tegak-lurus Gambar sebelah kanan menunjukkan adanya patah. Citra sebelah kiri yang merupakan proyeksi dari samping kanan memberikan informasi yang lebih besar daripada sebelah kanan karena pecahan melintang atas batang humerus nampak, dan jarak antar tulang pecah juga sudah diketahui.



Gambar 3. Citra cedera batang humerus yang diambil dari dua proyeksi

Fraktur pada tulang panjang biasanya dapat terlihat dengan mudah bila terdapat pergeseran atau putusnya *cortex* (Palmer dkk., 1995). Hal ini pun untuk kasus citra di atas juga dengan sangat mudah teridentifikasi. Perlu penelitian seksama untuk menilai sampai sejauh mana luas cedera itu. Apabila yang dihasilkan pada pengambilan citra adalah seperti pada citra sebelah kiri (jaringan lunak untuk sebelah

kanan sudah cukup jelas), akan terdapat suatu subjektivitas pengamat. Pengaturan intensitas dan ekualisasi histogram-akan sangat berperan dalam menurunkan faktor subjektivitas. Ekualisasi histogram untuk mempertegas jaringan lunak atas citra asli ditunjukkan pada Gambar 4.a.

Pengamatan atas citra hasil terekualisasi histogram dan citra asli menunjukkan adanya peningkatan informasi tentang jaringan sekitar cedera pada citra asli sebelah kiri. Untuk citra asli sebelah kanan yang sudah cukup jelas jaringan sekitar cedera, akan lebih dipertegas batas-batas jaringan tersebut dengan tulang maupun dengan kulit luar.



**Gambar 4. (a) Citra hasil ekualisasi histogram atas citra cedera pada batang humerus; (b) gabungan dilasi deteksi tepi dan ekualisasi histogram atas citra (a)**

Proses ekualisasi histogram mengakibatkan pelemahan tepi citra tulang itu sendiri, sehingga perlu penggabungan antara citra pada Gambar 4.a dengan hasil deteksi tepi (atau deteksi tepi yang telah dilasi) atas citra aslinya. Hasil penggabungan itu ditunjukkan pada Gambar 4.b.

Karena faktor subjektivitas, maka pengolahan atas citra medis tergantung pada bagaimana, atau informasi apa yang ingin digali dari citra.

Dalam implementasinya, program-program yang telah dikembangkan telah memenuhi keinginan pemakai, dalam hal ini tenaga medik radiologik. Namun uji, coba terhadap variasi menu/program yang ditawarkan, dijumpai adanya kebutuhan

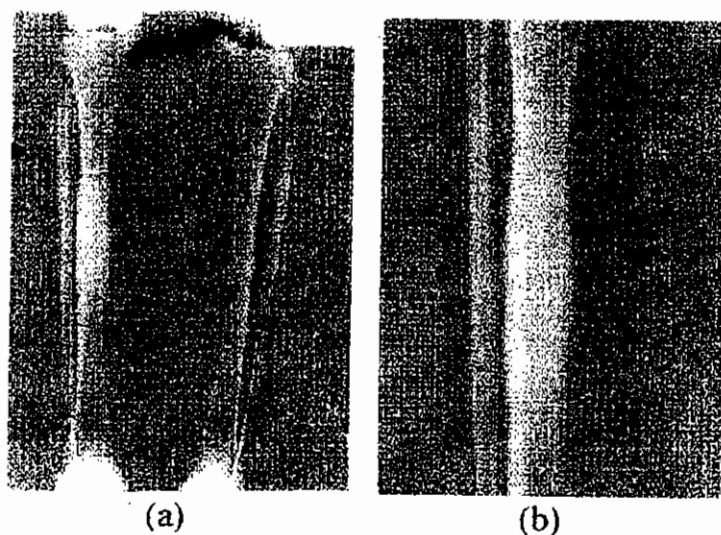


automatisasi program terhadap penyelesaian analisis foto sinar-X yang lebih besar, dalam artian pengguna dibebaskan/dihindarkan dari pemilihan atau pengisian angka/kuantitas pada menu yang disediakan.

### 3. Identifikasi Tumor Tulang

Untuk membuat diagnosis radiologis jenis tumor, diperlukan interpretasi seorang ahli (Palmer dkk., 1995). Pada beberapa kasus mungkin sulit untuk membedakan antara tumor dengan infeksi. Salah satu sifat tumor tulang adalah menaikkan atau menurunkan densitas tulang.

Gambar 5 menunjukkan tumor tulang pada tungkai bawah kanan depan.



Gambar 5. (a) Tumor pada tungkai bawah kanan  
(b) perbesaran pada bagian tumor

Terdapat perbedaan densitas yang diindikasikan oleh perbedaan intensitas piksel, dan terdapat pembengkakan pada tungkai bawah. Perbesaran atas wilayah perhatian (bagian tumor tungkai depan kanan, termasuk tungkai belakangnya juga) menghasilkan citra yang nampak pada Gambar 5.b. Citra tersebut menunjukkan bahwa tungkai kanan belakang juga menderita tumor

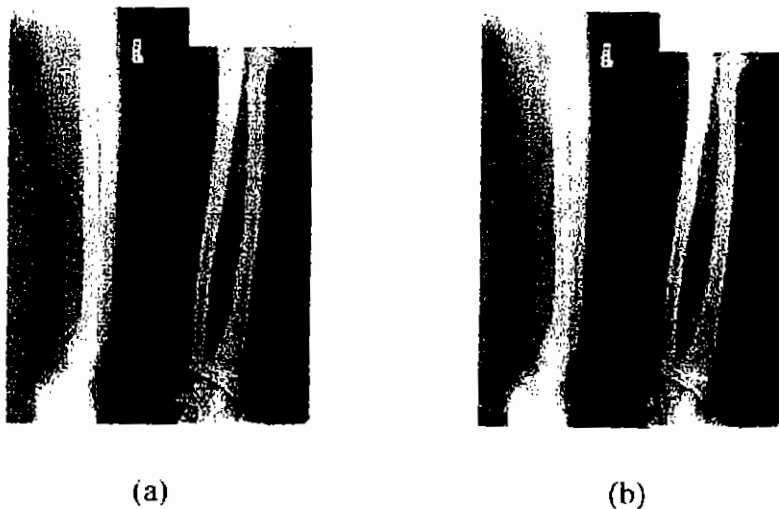
yang ditandai dengan pembengkakan dan perbedaan intensitas yang cenderung lebih terang dari pada tulang normalnya.

Perbedaan intensitas dapat juga digunakan untuk membantu menentukan ada tidaknya pengapuran (kalsifikasi) pada suatu tulang yang sedang diamati.

#### 4. Identifikasi Tulang retak

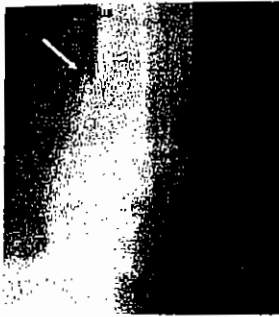
Pada beberapa kasus keretakan tulang, perlu dilakukan terlebih dahulu uji klinis untuk mempersempit lokasi pencarian terhadap suatu keretakan.

Gambar 6a menunjukkan tulang anak 11 tahun yang mengalami trauma. Citra kiri dan kanan pada masing-masing citra adalah tampak samping dan tampak depan. Gambar 6b menunjukkan citra hasil pemetaan intensitas.



Gambar 6. Citra tulang retak pada lengan bawah (a) asli; (b) hasil pemetaan intensitas

Pada citra sebelah kiri, terdapat retak jenis *green stick* pada bagian radius (bagian pangkal lengan yang berhubungan dengan telapak tangan). Perbesaran atas bagian yang retak itu tampak pada Gambar 7a, dengan bagian retaknya diberi tanda panah. Gambar 7b menunjukkan perbesaran dari arah depan dengan mengurai nilai *gamma* dari 1,0 menjadi 0,7478.



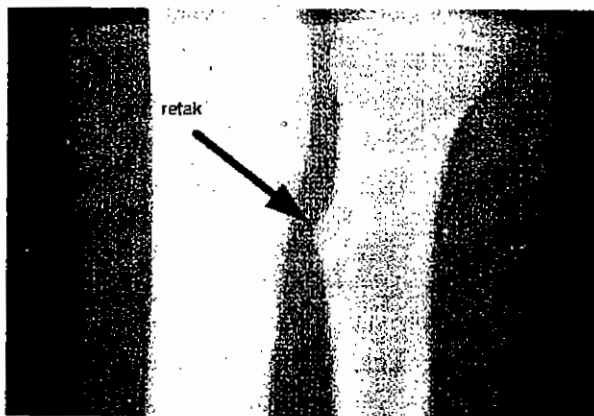
(a)



(b)

**Gambar 7.** Perbesaran citra pada bagian radius retak  
(a) tampak samping; (b) tampak depan

Pada kasus citra sebelah kiri (Gambar 6) sebelah atas, dekat dengan siku, tidak tampak adanya kelainan. Oleh sebab itu, perlu diagnosis pada citra dari proyeksi yang lain, dalam hal ini adalah dari arah depan. Gambar 8 merupakan perbesaran atas citra tampak depan sebelah atas yang menunjukkan kelainan pada diafise (bagian tengah dari tulang panjang). Uji klinis selanjutnya dapat menentukan jenis kelainan ini.



**Gambar 8.** Kelainan pada tulang lengan bawah

## 5. Pemilihan Nilai Ambang untuk Deteksi Tepi

Pada penerapan deteksi tepi, diperlukan pemilihan nilai ambang yang sesuai. Batas objek merupakan sesuatu yang relatif, sehingga 'objek' dapat dikatakan penting bagi seorang pengamat, namun bisa tidak penting bagi pengamat lain.

Pada analisis kerusakan tulang, subjektivitas atas hasil foto sinar-X juga tidak dapat dihindarkan. Sebagai perangkat bantu analisis, perangkat yang dikembangkan diharapkan mampu meminimumkan faktor subjektivitas itu.

Tepi-tepi pada suatu foto sinar-X juga bisa digunakan untuk mendeteksi batas-batas antara tulang dengan jaringan lunak, jaringan sakit dengan jaringan sehat, dan beberapa maksud lain. Penerapan deteksi tepi untuk suatu tujuan akan berbeda parameter nilai ambangnya dibandingkan dengan yang untuk tujuan lain.

Proses otomatisasi yang digunakan pada deteksi tepi pada program hanya menghasilkan tepi-tepi dominan atas citra yang memerlukan suatu nilai ambang (kecuali detektor Canny yang mampu mendeteksi dua nilai ambang). Histogram citra tidak dapat digunakan untuk memprediksi lokasi tepi karena nilai ambang yang dipakai adalah gradien citra, bukan nilai intensitas piksel asalnya.

Untuk memperkuat lebih dari satu tepi yang lemah, metode yang paling tepat adalah ekualisasi histogram. Namun demikian, kelemahannya adalah gradasi tajam-yang menunjukkan adanya tepi yang tegas-justu diperlemah.

## KESIMPULAN

1. Identifikasi kerusakan tulang dapat diturunkan tingkat subjektivitasnya dengan perangkat lunak aplikasi yang telah dikembangkan.

2. Deteksi tepi citra konvensional kurang mampu mengidentifikasi batas-batas citra tulang yang lebih dari satu dengan banyak tingkat gradasi keabuan.

3. Gabungan antara ekualisasi histogram dan dilasi atas tepi citra memberikan informasi yang cukup signifikan pada proses identifikasi.

4. Perangkat lunak aplikasi analisis citra tulang yang dikembangkan mampu membantu tenaga radiologi-medis dalam menggali informasi pembengkakan jaringan lunak, mengidentifikasi kerusakan tulang, mengidentifikasi tumor tulang, untuk tujuan perbaikan, atau pemulihan citra.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Awcock and Thomas, 1996, *Applied Image Processing*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Basuki, W., 2000, *Analisis Perbaikan Citra untuk Data Medis menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Czerwinski, R.N., D.L. Jones, and W.D. O' Brien, Jr., 1998, "Line and Boundary Detection in Speckle Images", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 7, pp. 1700-1714, Dec. 1998.
- Hardie, R.C. and C.G. Boncelet, 1995, "Gradient-Based Edge Detection Using Nonlinear Edge Enhancing Prefilters," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 7, pp. 1572-1577, Nov. 1995.
- Hilamn, I., 1982, *Diagnostik Radiologi : Kelebihan dan Keterbatasannya*, Bunga Rampai Ilmu Kedokteran, Penerbit Alumni, Bandung.
- Hussain, Z., 1991, *Digital Image Processing : Practical Application of Parallel Processing Techniques*, Ellis Horwood Ltd., West Sussex-England.
- Jain, A.K., 1995, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice -Hall of India, New Delhi.
- Lim, J.S., 1990, *Two Dimensional Signal and Image processing*, prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Palmer, P.E.S., W.P. Cockshott, dan E. Samuel (terj. L. Hartono), 1995, *Petunjuk Membaca Foto untuk Dokter Umum*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Pitas, I., 1993, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice-Hall International, New York.
- Pratt, W.K., 1978, *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, New York.
- Santoso, B., 1990, *Simulasi Sistem Tomodensitometri Medis*, Skripsi S-1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- The Math Works, 2000, *Image Processing Toolbox User's Guide*, Version 2, The Math Works, Inc., Natick, MA.